

TRASPORTI

& cultura

57

rivista di architettura delle infrastrutture nel paesaggio



**RETI E STAZIONI DELLA METROPOLITANA
TRA FUNZIONALITÀ E ARCHITETTURA**

Comitato d’Onore

Paolo Costa
già Presidente Commissione Trasporti Parlamento
Europeo

Giuseppe Goisis
Filosofo Politico, Venezia

Franco Purini
Università La Sapienza, Roma

Enzo Siviero
Università telematica E-Campus, Novedrate

Maria Cristina Treu
Architetto Urbanista, Milano

Comitato Scientifico:

Oliviero Baccelli
CERTeT, Università Bocconi, Milano

Alberto Ferlenga
Università Iuav, Venezia

Massimo Guarascio
Università La Sapienza, Roma

Stefano Maggi
Università di Siena

Giuseppe Mazzeo
Consiglio Nazionale delle Ricerche, Napoli

Cristiana Mazzoni
ENSA Paris-Belleville, UMR AUSser

Marco Pasetto
Università di Padova

Michelangelo Savino
Università di Padova

Luca Tamini
Politecnico di Milano

Zeila Tesoriere
Università di Palermo - LIAT ENSAP-Malaquais

Rivista quadrimestrale
maggio-agosto 2020
anno XX, numero 57

Direttore responsabile
Laura Facchinelli

Direzione e redazione
Cannaregio 1980 – 30121 Venezia
e-mail: laura.facchinelli@trasportiecultura.net
laura.facchinelli@alice.it

La rivista è sottoposta a double-blind peer review

Traduzioni in lingua inglese di Olga Barmine

La rivista è pubblicata on-line
nel sito www.trasportiecultura.net

2020 © Laura Facchinelli
Norme per il copyright: v. ultima pagina

Editore: Laura Facchinelli
C.F. FCC LRA 50P66 L7365

Pubblicato a Venezia nel mese di agosto 2020

Autorizzazione del Tribunale di Verona n. 1443
del 11/5/2001

ISSN 2280-3998 / ISSN 1971-6524

TRASPORTI

- 5 RETI E STAZIONI DELLA METROPOLITANA TRA FUNZIONALITÀ E ARCHITETTURA**
di Laura Facchinelli
- 7 ARCHITETTURE DELLE RETI E DELLE STAZIONI**
di Alessandra Criconia e Anne-Grillet Aubert
- 9 LA STAZIONE DELLA METROPOLITANA, UN NUOVO SPAZIO PUBBLICO DI QUARTIERE**
di Giovanna Bianchi e Alessandra Criconia
- 17 TOKYO SUBWAYS: A PUBLIC-PRIVATE TOOL TO RENOVATE THE 21ST CENTURY METROPOLIS CONGESTED SPACES**
by Corinne Tiry-Ono
- 25 LE METRO DE SHANGHAI. HISTOIRE, ENJEUX ET PERSPECTIVES**
par Colas Bazaud
- 33 STATIONS DE METRO, ESPACES PUBLICS ET DEVELOPPEMENT DE NOUVEAUX CENTRES A SHANGHAI. LES CAS DE XUJIAHUI ET WUJIAOCHANG**
par Yang Liu et Colas Bazaud
- 41 LE METRO DE MOSCOU, UNE CONSTRUCTION SOVIETIQUE 1931-1954**
par Josette Bouvard
- 51 LA METROPOLITANA DI MOSCA: CENTO ANNI DI PROGETTI URBANISTICI (1935-2035)**
di Elisabeth Essaïan
- 61 LONDRA NELLA RETE: INFRASTRUTTURE INTERMODALI E SPAZI URBANI DELLA CITTÀ-STAZIONE**
di Marco Spada e Carla Molinari
- 69 LA PIAZZA DELLA STAZIONE NEL 21° SECOLO: TRASFORMAZIONE URBANA E METROPOLITANA. QUATTRO ENCLAVES DI BARCELONA**
di Maria Rubert de Ventos
- 75 IL METRÒ DI MILANO. STRUTTURA E PROGETTI FUTURI**
di Paolo Beria
- 83 BINARI A ROMA. VIAGGIARE NELLA STORIA, TRA UTOPIA E CONSERVAZIONE**
di Filippo Lambertucci

93 ARCHEO-STAZIONE DI SAN GIOVANNI, LINEA C DI ROMA, O DELL'ARCHEOLOGIA PUBBLICA

di Andrea Grimaldi

101 ARCHEOLOGIA, PAESAGGIO E CITTÀ: UN'OPPORTUNITÀ RECIPROCA

di Paolo Desideri

107 LA SCOMMESSA DEL GRAND PARIS EXPRESS

di Anne Grillet-Aubert

115 UN NUOVO SPAZIO PUBBLICO: LA STAZIONE DI CLICHY-MONTFERMEUIL A PARIGI

di Federica Morgia

cultura

123 L'ESTHETIQUE DU METRO PARISIEN: EXPLORATION D'UNE QUESTION HISTORIQUE

par Arnaud Passalacqua

131 ALTA TECNOLOGIA E PROGETTO URBANO: LA PROBLEMATICHE DELLA CITTÀ INTELLIGENTE ESPOSTA ALLA FUTIAN RAILWAY STATION DI SHENZHEN

di Cristiana Mazzoni e Flavia Magliacani

139 A LA RECHERCHE DE L'INTERCONNECTION TRAIN-MÉTRO: REGARDS CROISÉS DANS LES METROPOLES DE LILLE, RENNES ET TOULOUSE

par Philippe Menerault et Cyprien Richer

147 LA STATION DE METRO, UN CONDENSATEUR ENERGETIQUE?

par André Pény

155 NUOVI PRIGIONIERI URBANI: PONTILI PER COLLEGARE TERRITORI SCONNESSI

di Lucina Caravaggi

163 UTOPIE E ETEROTOPIE DELL'ACCESSIBILITÀ

Cristina Imbroglini intervista Walter Tocci

171 IL MONDO IN UNA STANZA: RIFLESSIONI SUI TRASPORTI AL TEMPO DEL COVID

di Giusi Ciotoli e Marco Falsetti

Subway networks and stations between functionality and architecture

by Laura Facchinelli

The subway, the backbone of the public transportation system in metropolitan cities, is a theme that is ever more open to disciplines and considerations.

The creation of a subway is a matter of structural engineering, vehicle design and scheduling of timetables throughout the day. But in this case we turn our attention not to the subway as a transport infrastructure, but rather to the stations: places conceived to handle masses of rapid transport travellers which become complex, formidable machines constantly evolving their configuration of spaces and services. The stations are architectural works excavated into the underground, which stimulate the creativity of architects to create luminous, dynamic and stimulating spatial experiences, and to lead travellers intuitively and pleasantly towards their destinations. There are significant historical examples of subways, as well as successful more recent inventions, in which the project translates into a search for collective cultural meaning and identity-building. The very existence of the stations makes them poles of attraction that concentrate a multiplicity of interests and which, if they are part of an intelligent and forward-looking urban plan, are in a position to stimulate the regeneration of the areas around them.

It seems superfluous to highlight the fundamental role of a subway network in reducing traffic and pollution, both air and acoustic, in the road network. Naturally the "underground" transport service must be coordinated with the public transport services on the surface, planning functional, convenient and safe points of interchange. A subway, with its stations disseminated across the territory, is fundamental for the future of the city's environment; the presence of a subway brings the suburbs closer to the centre of the city, facilitating the integration between its citizens, and bringing greater balance to the entire city.

By vocation, our magazine likes to look beyond our national borders. We are thus enthusiastic about working with the two editors of this issue in a collaboration between the Architecture and Planning Department of the Università La Sapienza di Roma and the École Nationale Supérieure d'Architecture in Paris-Belleville. The result is a collection of articles from professors working in different academic contexts, both of which are open to vast geographic horizons.

In the following pages, we publish research studies, analyses, narratives developed from multiple points of view. We review the history and outline the future of the Milan subway; we take a close look at the integration of the underground infrastructure in the city of Rome, where the earth produces significant archaeological discoveries. The experts from France describe the projects underway and the future plans for the Grand Paris métro, and elsewhere in France, the infrastructure of Lille and Toulouse; they rightly examine the rich, ambitious and magnificent Moscow subway, with its long history of urban planning. There are also focuses on projects for London (intermodality and urban spaces) and Barcelona (the station as an engine of transformation). In Asia, we have explored the spaces surrounding the Tokyo subway (which has stimulated projects in the areas of access to it, both public and private) and the role of the subway in Shanghai (with its future plans for increasing efficiency in the public transport system).

Technology, aesthetics, urban planning: a subway must relate to the identity of a place and the need for renewal. Both these requirements, yesterday and today, depend on the quality of the project.

Reti e stazioni della metropolitana tra funzionalità e architettura

di Laura Facchinelli

La metropolitana, spina dorsale del sistema di trasporto pubblico nelle metropoli, è un tema più che mai aperto a discipline e suggestioni.

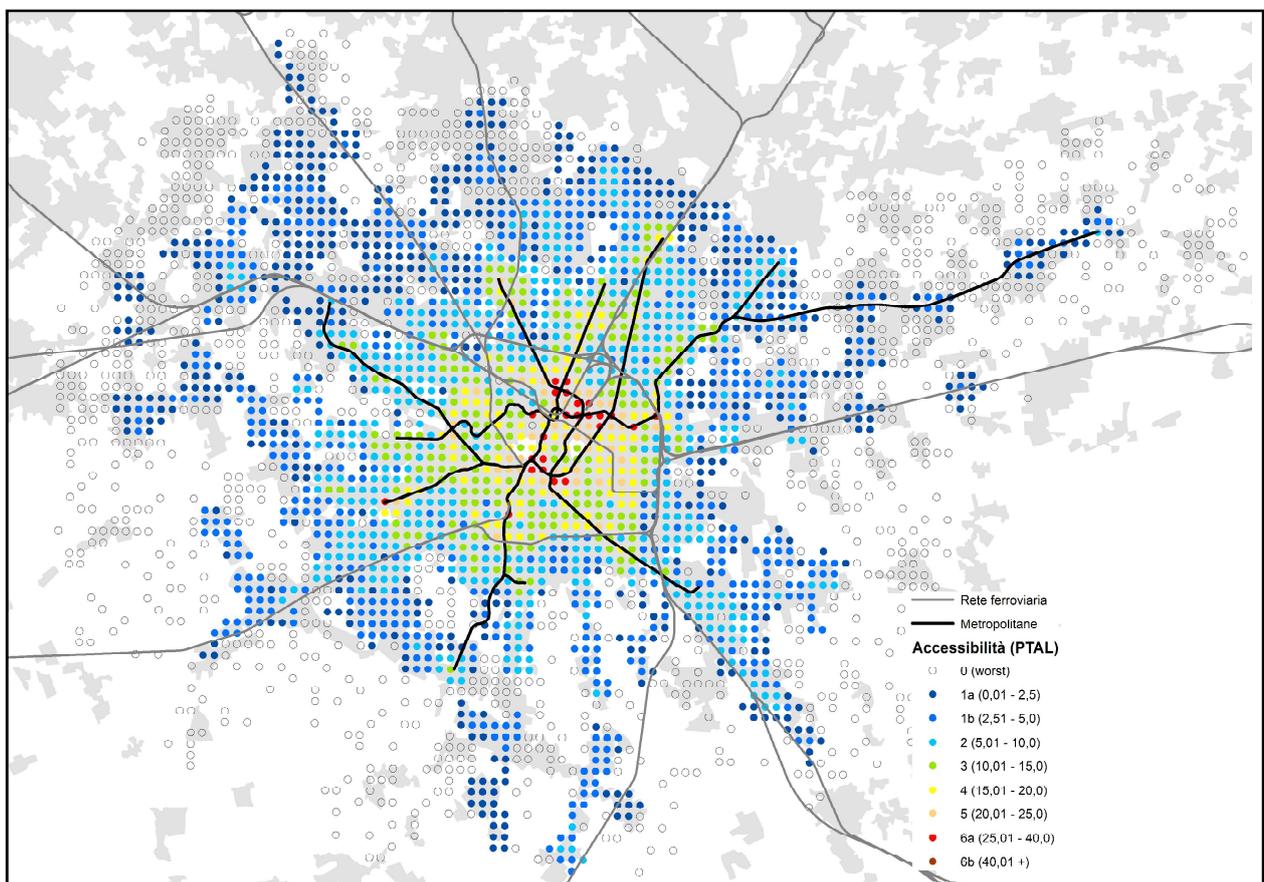
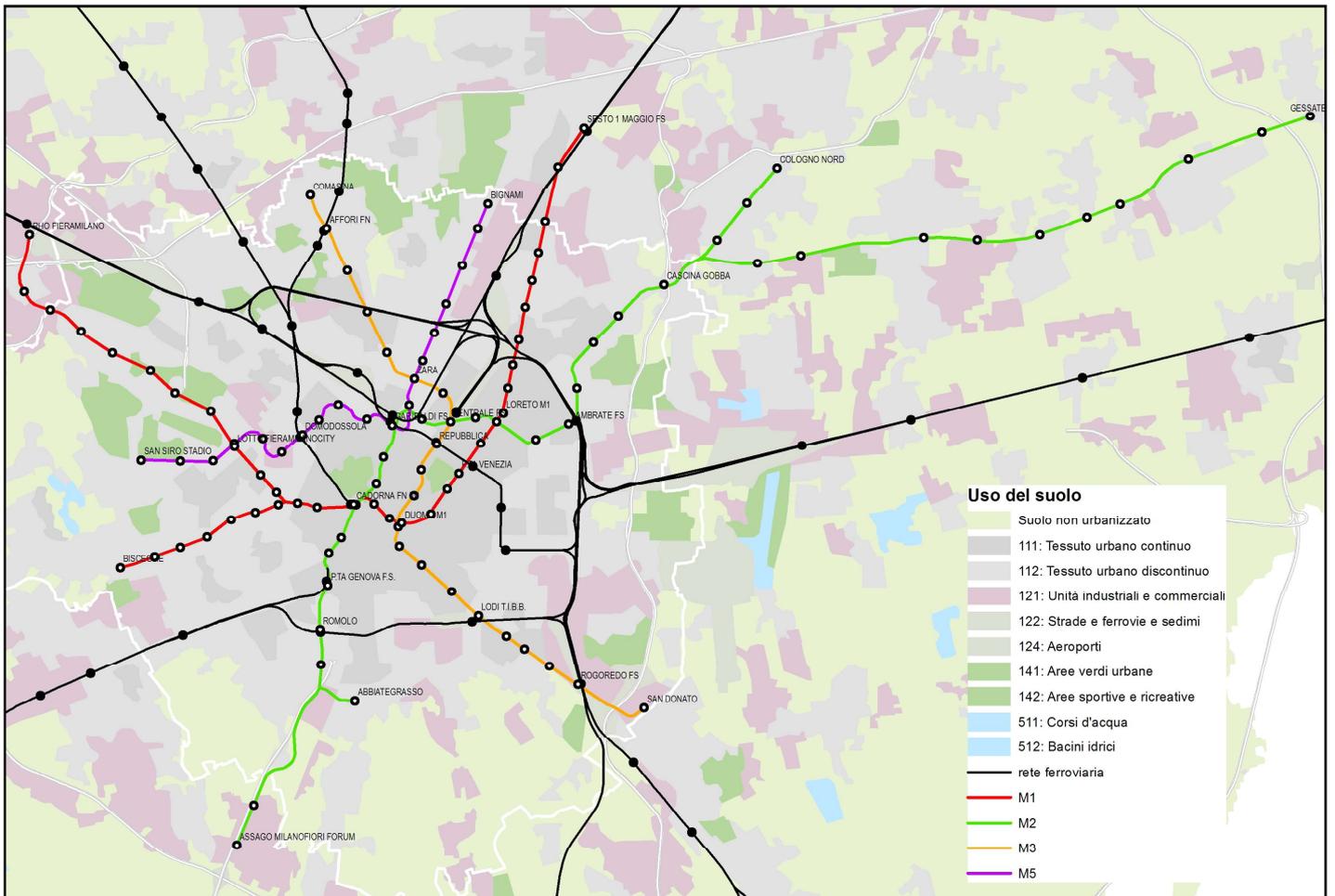
La creazione di una metropolitana riguarda l'ingegneria strutturale, la progettazione dei veicoli e la programmazione delle corse nell'arco della giornata. Ma non è tanto la metropolitana come infrastruttura di trasporto che ci interessa, in questa sede, la nostra attenzione è rivolta soprattutto alle stazioni: luoghi destinati ad accogliere folle di viaggiatori in rapido transito e quindi macchine formidabili, complesse, in costante evoluzione nell'articolazione degli spazi e dei servizi. Le stazioni sono architetture scavate nel sottosuolo, che stimolano la creatività degli architetti per creare spazialità luminose, dinamiche, stimolanti e per condurre in modo intuitivo e piacevole i viaggiatori lungo i percorsi. Di metropolitane ci sono esempi storici importanti, ma anche felici invenzioni recenti, in cui il progetto si traduce in ricerca di significati culturali e identitari per la collettività. Le stazioni, con la loro stessa esistenza, sono poli di attrazione che concentrano molteplicità di interessi e – se inserite in un intelligente e lungimirante progetto urbano – sono capaci di stimolare la rigenerazione delle aree circostanti.

È superfluo evidenziare il ruolo fondamentale di una rete di metropolitana per ridurre la congestione e l'inquinamento, anche acustico, delle arterie stradali. Naturalmente il servizio di trasporto "underground" dev'essere coordinato con i servizi del trasporto pubblico di superficie, predisponendo punti di interscambio funzionali, comodi e sicuri. Una metropolitana, con le sue stazioni diffuse nel territorio, è fondamentale per il futuro ambientale della città; la presenza di una metropolitana avvicina le periferie al centro città, facilitando l'integrazione dei suoi abitanti, e quindi rendendo l'intera città più equilibrata.

Per vocazione, nella nostra rivista ci piace lanciare lo sguardo oltre i confini nazionali. Pertanto abbiamo accolto con entusiasmo la proposta, da parte delle due curatrici, di realizzare questo numero sulla base di una collaborazione fra il Dipartimento di Architettura e Progetto dell'Università La Sapienza di Roma e l'École Nationale Supérieure d'Architecture di Paris-Belleville. Il risultato è l'affiancamento di contributi di docenti operanti in contesti accademici differenti, entrambi aperti a vasti orizzonti geografici.

Nelle pagine che seguono, pubblichiamo ricerche, analisi, narrazioni condotte da molteplici punti di vista. Ripercorriamo la storia e delineiamo il futuro della metropolitana di Milano; guardiamo con attenzione all'inserimento dell'infrastruttura sotterranea nella città di Roma, dove il terreno è generatore di importanti scoperte archeologiche. Gli esperti d'oltralpe ci raccontano gli interventi in corso e i progetti futuri per il metrò del Grand Paris e, sempre in terra di Francia, per le infrastrutture di Lille e Tolosa; doverosamente si soffermano sulla metropolitana di Mosca, ricca, ambiziosa, magnifica, legata a una lunga storia di progetti urbanistici. Poi ci sono approfondimenti sui progetti per Londra (intermodalità e spazi urbani) e Barcellona (la stazione come motore di trasformazione). Del continente asiatico abbiamo esplorato gli spazi riferiti alla metropolitana di Tokyo (stimolatrice di interventi nelle aree di accesso, anche da parte di privati) e il ruolo svolto da quella di Shanghai (che attende interventi di pianificazione e di efficientamento del servizio di trasporto pubblico).

Tecnologia, estetica, progetto urbano: una metropolitana si rapporta con l'identità di un luogo e con l'esigenza di rinnovamento. A conciliare queste due esigenze, ieri come oggi, la qualità del progetto.



Il metr  di Milano. Struttura e progetti futuri

di Paolo Beria

La prima tratta del *metr *¹ di Milano   stata aperta nel 1964, dopo soli 7 anni di lavori (per una storia dei trasporti milanesi si vedano: Ogliari, 1974; Mantegazza e Pavese, 1993; Kluzer, 2005; Ogliari e Muscolino, 2009; Mantegazza, 2013). Cinque anni dopo aprivano le prime stazioni della linea 2². Da quel momento l'espansione della rete   andata avanti quasi senza soluzione di continuit , se si esclude l'ultimo decennio del XX secolo. Oggi la rete   composta da quattro linee mentre la quinta (chiamata per  M4, essendo stata progettata prima)   in fase di completamento e dovrebbe finalmente aprire tra il 2021 e il 2023 (Fig. 1).

La rete metropolitana di Milano: evoluzione e struttura

Dal punto di vista spaziale, si tratta di una rete piuttosto densa (Fig. pag. 79, in alto), a servizio prevalentemente della citt  compatta (vi   una sola tratta extraurbana in aree a media densit ). Le fermate distano in media circa 500 metri – una distanza molto piccola che garantisce da una parte ottima capillarit  ma dall'altra riduce le velocit  commerciali – e i numerosi interscambi sono generalmente ben posizionati in modo da minimizzare i percorsi. Le prime due linee, che si interse-

1 Una nota poco seria, relativa ai nomi – pi  precisamente i generi – con cui i milanesi indicano le componenti del sistema di trasporto pubblico. "Il 14", maschile, sar  certamente un tram. "La 60", femminile, sar  sicuramente un autobus (forse sottintendendo "la linea 60"?). La versione colloquiale della metropolitana  , tradizionalmente, maschile e pronunciata alla francese: *il metr *, con l'accento chiuso. Ma, purtroppo, quest'ultima usanza si sta perdendo in favore di una pi  internazionale *métro*. In questo articolo, tuttavia, si utilizzer  esclusivamente la dizione tradizionale!

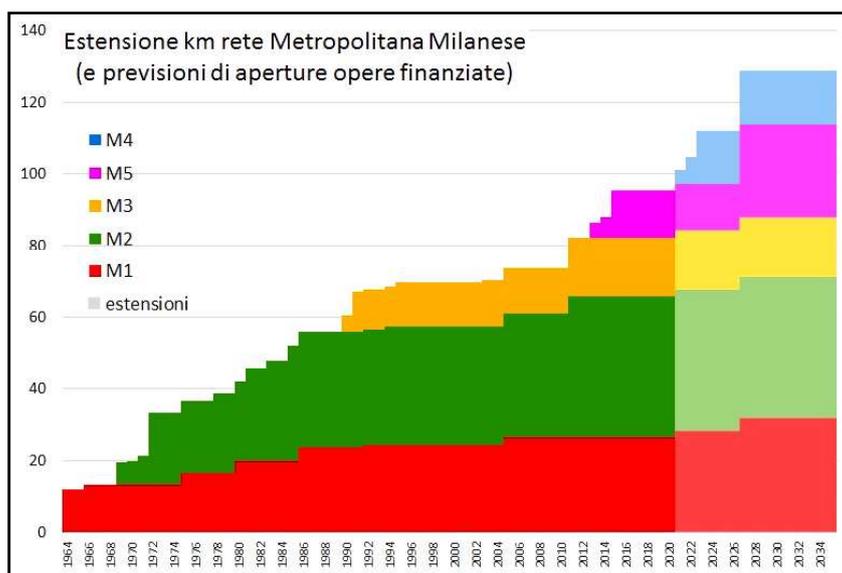
2 Le due linee, oltre ad acquistare rapidamente un ruolo nella vita della citt , costituiscono anche uno straordinario capolavoro dell'architettura razionalista, del design e della comunicazione (Monica, 2019; Kutkan-Öztürk, 2019).

The Milan metr . Structure and future projects

by Paolo Beria

The Milan subway network, together with regional rail and surface transport, is the backbone of mobility in the urban area. Though it is not perfect, the public transport system in Milan is a rather effective system, thanks to its extension and integration, proven by its growing ridership. The paper aims at quantitatively and geographically describing Milan's metr  system, starting with an analysis of the data on urban mobility. The paper also includes a discussion of the major ongoing projects, most of which extend beyond the (small) municipal borders in an attempt to break through one of the historical limits of the system, its Milanocentrism.

Nella pagina a fianco, in alto: la rete metropolitana e ferroviaria milanese. Fonti: nostre elaborazioni (rete), CORINE land cover (uso del suolo). In basso: indice di accessibilit  (PTAL). Fonte: elaborazioni da Yao and Beria (2019).



1 - Estensione della rete metropolitana milanese, suddivisa per linea. Dal 2020 vengono indicate solo le estensioni in costruzione o per cui esiste già un finanziamento integrale.

cano in due punti a formare la caratteristica figura a rombo che è tratto distintivo anche del logo del gestore storico ATM, sono poi attraversate da nord a sud dalla M3. M5 è stata la prima linea a non passare dal centro, ma interseca nel suo percorso da nord a ovest la stazione di Porta Garibaldi e importanti centralità urbane, in particolare le due di recente realizzazione di Porta Nuova e Tre Torri, che garantiscono buoni carichi nonostante l'eccentricità. M4, purtroppo, non avrà un percorso altrettanto felice dal punto di vista dell'effetto-rete (in particolare non interseca M5 e non avrà un interscambio diretto con M3), ma attraversa quartieri molto popolosi e connette il centro con l'aeroporto di Linate, ormai destinato a restare attivo dopo le ipotesi di ridimensionamento degli anni 2000 mai davvero portate a compimento.

Una caratteristica importante della rete milanese, che ne costituisce il principale limite e la differenza da altre realtà europee, è che essa sia stata concepita come un'infrastruttura essenzialmente "comunale". Oltre alla già citata estensione extraurbana verso Cologno e Gessate, in funzione da decenni e frutto della lungimirante conversione a metropolitana di un'antica linea tranviaria extraurbana, le uniche fermate fuori dagli (stretti) confini comunali sono: due a Sesto San Giovanni, due a Rho/Pero e due ad Assago, queste ultime quattro recentissime (2005 e 2011). Per superare questo limite, a partire dal PUMS del 2015, le estensioni previste sono quasi esclusivamente esterne, anche se questo avrà come effetto naturale un minore bacino di utenza a causa delle inferiori densità abitative (in particolare M5 a Monza, tra i prolungamenti certi).

Dal punto di vista costruttivo, la storia del

metrò milanese è anche parte della storia dell'ingegneria italiana, avendo sviluppato negli anni tecniche costruttive all'avanguardia – soprattutto relative allo scavo in terreni sabbiosi e con acqua – oggi utilizzate in tutto il mondo (Botti, 1976; Fairweather, 1987; Lunardi e Pizzarotti, 1990; Lunardi, 1991; Gattinoni e Scesi, 2017).

Le tecnologie utilizzate nella metropolitana di Milano sono oggi due: le tre linee storiche sono "metropolitane pesanti", con banchine e treni da 107 metri e guida semi-automatica (M2 è in corso di adeguamento in tal senso). M5 e M4 sono invece *metrò* "leggero"³ ad automazione integrale (senza guidatore), con banchine e treni da 50 metri e di larghezza leggermente inferiore (2,65 m rispetto a 2,85 m). I treni di M1, M2 ed M3 hanno un portata di circa 1.000 persone, mentre M4 ed M5 di circa 500.

Il Comune di Milano, che conta circa 1,4 milioni di abitanti, è il centro di un'area metropolitana molto più ampia sia territorialmente che socio-demograficamente. Mentre a nord l'urbanizzato raggiunge quasi senza soluzione di continuità la fascia pedemontana (da Varese a Lecco e Bergamo), a sud la pianura agricola definisce più nettamente i confini della città. Complessivamente, l'area metropolitana (che non comprende solo la Città Metropolitana amministrativa) conta dai 4,3 ai 5,1 milioni di abitanti a seconda del criterio di definizione della stessa (*functional urban area* o regione metropolitana). Si vedano in proposito Eurostat, 2019; OECD, 2012), su circa 10 milioni dell'intera regione.

Ma la forza della metropoli è dal punto di vista economico e strutturale, nonostante la struttura spiccatamente policentrica del territorio e della sua mobilità (Pucci, 2016; Pucci, 2017). È sufficiente guardare alla sua area di influenza, cioè alla quota di spostamenti in uscita da ogni comune e diretti a Milano (Fig. 2). Per percepire correttamente il fenomeno si noti che da quasi tutti i capoluoghi regionali, cioè da città ben fornite di servizi, funzioni e posti di lavoro e posizionate anche a 70 km di distanza, si registra una quota di spostamenti diretti a Milano compresa tra il 2 e il 5% del totale. E non si tratta solo di spostamenti per lavoro o studio, ma anche di spostamenti occasionali e personali, come shopping o visite mediche (Figura 3). Le percentuali di dipendenza raggiungono anche

3 Nel caso milanese, il termine "leggero" è da riferirsi solo al veicolo, dato che per l'infrastruttura – lunghezza delle banchine a parte – è del tutto paragonabile alle tre linee maggiori.

il 30% nelle prime fasce di comuni periferici. Tutto ciò si traduce in flussi di mobilità notevoli, che mettono a dura prova tutte le reti infrastrutturali. Secondo il PUMS (Comune di Milano, 2018), il Comune di Milano era interessato nel 2013 da 5,2 milioni di spostamenti, di cui il 43% attraverso il confine e gli altri interni (Figura 5, sinistra). Per un confronto, il PUMS di Roma (2019), nello stesso anno, stimava in 6 milioni circa gli spostamenti nella capitale (che ha oltre il doppio della popolazione ed è sette volte più grande per superficie), di cui solo il 22% provenienti dall'esterno.

Fortunatamente, e non potrebbe esser altrimenti dati i vincoli fisici della città, una quota importante di questi spostamenti (Fig. 5, destra) non avviene in auto (38% contro il 49% della capitale), ma con trasporto pubblico (44%) o in bici e a piedi (13%). Anche il tasso di motorizzazione, che resta altissimo rispetto alla media europea, è inferiore a quello italiano e soprattutto in calo costante almeno dal 1996, raggiungendo un valore di circa 1 auto ogni 2 abitanti (la media italiana è circa 1,4 ogni 2 abitanti).

È abbastanza evidente attribuire una parte importante della differenza tra quote modali milanesi e romane, oltre che alle politiche di disincentivo dell'auto (regolazione parcheggi, AreaC⁴, AreaB) e di regolazione degli spazi (aree pedonali, zone 30), alla maggiore efficacia del sistema di trasporto pubblico. E, all'interno del trasporto pubblico, molto è reso possibile dall'ottima e ormai molto estesa rete della metropolitana che è l'ossatura portante della mobilità sia interna alla città (insieme al TPL di superficie) che in ingresso (insieme al sistema ferroviario regionale, di cui si parlerà oltre).

Purtroppo non sono disponibili molti dati storici e disaggregati per linea che permettano di raccontare compiutamente il ruolo del *metrò* all'interno del complessivo sistema di TPL milanese (Fig. 5). Quello che è noto (31/12/2018, fonte Sito ATM) è che sui 775 milioni di passeggeri trasportati complessivamente da ATM a Milano e nei dintorni, circa 365 utilizzano la metropolitana. In altre parole, circa 1 passeggero su 2 effettua almeno parte dello spostamento con il *metrò*, il che è abbastanza normale dato l'estremo livello di gerarchia della rete milanese. Rapportando i passeggeri all'estensione della rete si ottiene un valore di "densità di utilizzo" di circa 4 milioni

di passeggeri all'anno per ogni km. Si tratta di un valore in linea con le altre grandi città europee, ma certamente inferiore ai casi asiatici o dei paesi in via di sviluppo (*Pedestrian Observations*, 2015). Questo valore è abbastanza costante nel tempo e significa che l'estensione della rete verso aree via via meno dense ed importanti (ad esempio lontane dal centro, storicamente destinazione largamente dominante della mobilità cittadina) è stata bilanciata dall'effetto rete e non ha quindi complessivamente ridotto la densità di utilizzo del sistema.

L'integrazione

Come si è poc'anzi detto, la metropolitana di Milano è solo una delle componenti del sistema di trasporto urbano. Oltre ad un'estesa rete di bus e tre linee filoviarie, a Milano sono in esercizio anche 19 linee di tram (su 180 km di rete) e 12 linee ferroviarie suburbane cadenzate alla mezz'ora. Di queste ultime, sei percorrono il "Passante Ferroviario", andando a costituire una sorta di "quinta linea" urbana ad alta frequenza.

La rete milanese è caratterizzata, più di altre in Italia, da un livello molto spinto di gerarchizzazione tra modi. Se si escludono gli spostamenti interquartiere, sono pochissimi i viaggi che avvengono interamente attraverso una sola linea. E l'interscambio, quando avviene, non è tra diverse linee di bus, ma tra bus e sistemi di massa, cioè tram e metropolitana e – più recentemente – anche trasporto ferroviario. In un sistema così organizzato, tre sono gli elementi necessari:

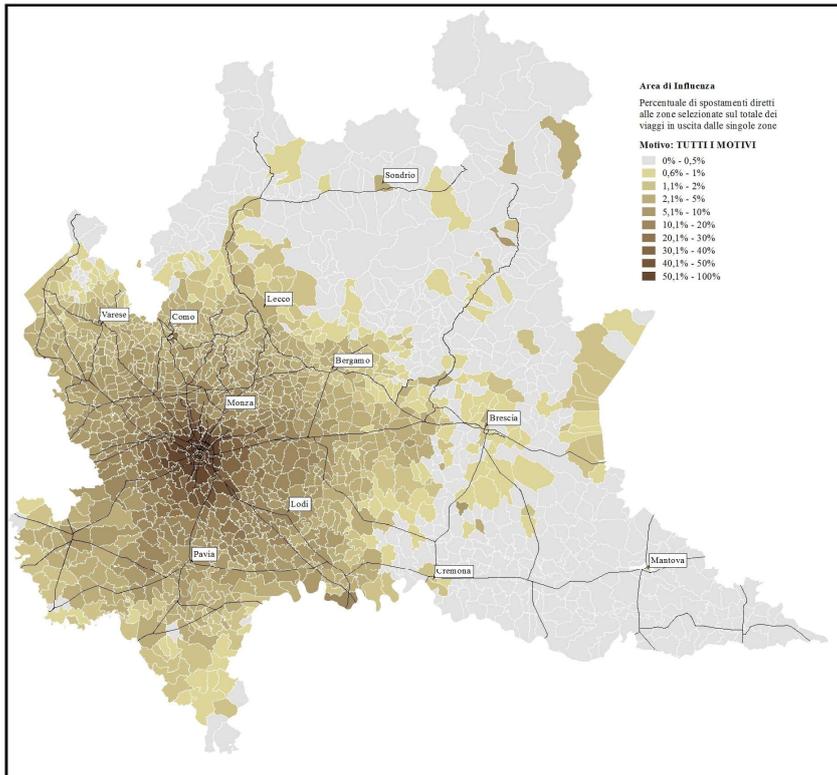
- qualità fisica degli interscambi (brevi distanze, protezione, segnaletica, informazione all'utenza, etc.);
- frequenza di passaggio;
- integrazione tariffaria.

Nonostante sia considerato un'eccellenza, il TPL milanese non è certamente perfetto secondo questi tre criteri. Mentre l'ultimo è stato recentemente risolto in maniera convincente, i primi due meritano qualche attenzione.

In termini di qualità degli interscambi, il *metrò* milanese è sempre stato piuttosto felice. Rispetto alle grandi capitali europee, passare da una linea ad un'altra comporta pochi passi e poche rampe di scale. Questo non sarà purtroppo del tutto vero per M4⁵, ma le prime

4 Per una rassegna dell'esperienza di Area C si veda Beria et al., 2018

5 Gli interscambi tra M4 e le altre linee non saranno brevi e lineari come quelli storici. Addirittura, tra M3 e M4, nonostante le linee si intersechino, non è previsto un collegamento diretto sotterraneo.



2 - Area di influenza di Milano, frazione spostamenti verso il capoluogo da tutta la regione, per tutti i motivi di spostamento (nostre elaborazioni su OD Regione Lombardia 2014).

quattro linee non hanno problemi particolari. Gli interscambi di superficie, e soprattutto quelli con il sistema ferroviario ormai sempre più importante ed integrato, presentano invece spesso una qualità architettonica e spaziale insufficiente. Vi sono naturalmente casi virtuosi per prossimità e interconnessioni⁶ (ad esempio Romolo, Rogoredo o Garibaldi), ma anche casi davvero malriusciti. Ad esempio lo scambio tra Lodi TIBB⁷ M3 e la stazione di Porta Romana, o l'infelice accesso alla Stazione Centrale, o la lunga distanza tra Rho-Fiera e l'omonima stazione. Per non parlare del Passante, capolavoro dell'ingegneria degli anni '90 che, nei fatti, comporta lunghe e stranianti passeggiate sotterranee, tali da inibire il passeggero occasionale (non il pendolare, che non ha alternativa). Anche in termini di frequenza il quadro è variegato. Mentre tutta la rete metropolitana lavora su frequenze ormai prossime al limite fisico (2 minuti per M1 e presto anche per M2 e M5) per riuscire a gestire decine di migliaia di passeggeri/ora, vi è stato negli anni un forte impoverimento della rete di superficie, che ora viaggia, anche sulle linee tranviarie di forza, sui 5-8 minuti nella sola ora di punta e 7-10 nel resto della giornata lavorativa. Mentre da una parte questo è ritenuto

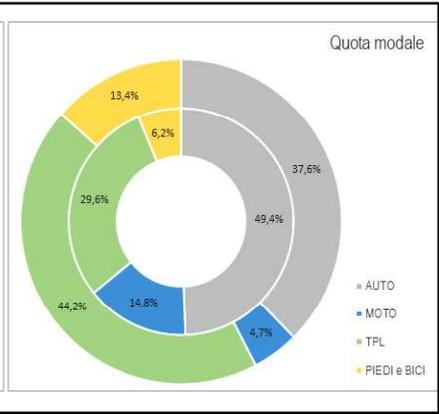
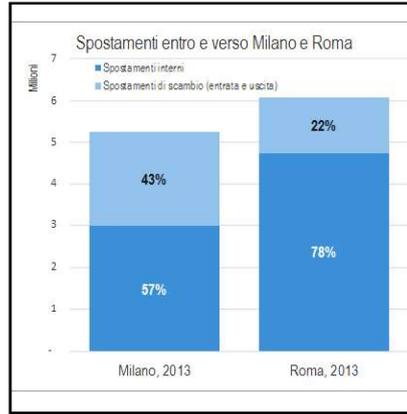
6 Ma raramente per la qualità architettonica, in realtà.
 7 Il nome della stazione richiama la "Tecnomasio Italiano Brown Boveri", storica fabbrica milanese di materiale rotabile che in Piazzale Lodi era localizzata.

to sostenibile grazie alla sempre maggiore estensione della rete sotterranea, dall'altra impoverisce l'assunto di base di un sistema gerarchico, cioè che il costo di interscambio deve essere minimizzato. Dunque oggi, nella percezione degli utenti, c'è un sistema di adduzione al metrò che è ad un livello inferiore di servizio e dunque da evitarsi, se possibile, per l'ultimo miglio.

Infine, dopo molti anni di soluzioni parziali, anche il problema dell'integrazione tariffaria ha trovato soluzione nel 2019, sebbene solo per l'area corrispondente alla città metropolitana. L'integrazione tariffaria a Milano esiste dal 1989, sotto il nome di SITAM ("Sistema Tariffario Integrato Area Milanese"). Si trattava di un sistema a spicchi e fasce concentriche, molto Milano-centrico (così come la rete stessa, del resto) e limitato al solo trasporto urbano e provinciale su gomma. Dal sistema era esclusa la ferrovia. Con l'apertura del Passante e l'attivazione delle linee suburbane (dette "Linee S", con una cercata assonanza con le S-bahn tedesche) anche le tratte ferroviarie urbane erano entrate nel biglietto urbano SITAM. Ma effettuare uno spostamento da, poniamo, Monza a Milano richiedeva di scegliere tra due opzioni e due sistemi tariffari: la tariffa ferroviaria (e rispettivo abbonamento) o quella SITAM, che però non permetteva l'accesso al treno. In un sistema sempre più integrato, queste scelte portano a distorsioni evidenti. Oltre a quella della duplicazione dei titoli di viaggio, la più sentita dall'utenza era quella dei limiti dalla tariffa urbana. In pratica, le diramazioni della metropolitana extraurbane risultavano sottoutilizzate per la preferenza degli utenti all'uso dei parcheggi di interscambio e del biglietto urbano. Conseguenza era anche lo scarso interesse degli utenti per i bus extraurbani di adduzione al ferro, che necessitavano di un secondo abbonamento. Solo nel 2011 venne introdotto un nuovo sistema, sovrapposto al SITAM, chiamato "lo viaggio" e di origine regionale. Questo sistema è ferro-centrico e sostanzialmente permette di abbinare ad un abbonamento ferroviario anche quello urbano di un capoluogo (o dell'intera regione). Un limite di questo sistema, peraltro apprezzato dall'utenza pendolare, è il fatto che è limitato agli abbonamenti ma non è disponibile per le corse singole⁸.

Nel 2019 il SITAM è stato finalmente superato con un nuovo sistema, detto STIBM ("Sistema

8 Quindi un viaggiatore occasionale da Mantova a Milano continua a dover acquistare un biglietto ferroviario e l'urbano di Milano.



Tariffario Integrato del Bacino di Mobilità”), organizzato a fasce (ma non a spicchi) entro le quali è possibile utilizzare ogni sistema di trasporto e ogni compagnia, in maniera libera. Oltre che per gli abbonamenti, è ora disponibile anche per i titoli singoli. L’urbano di Milano ora comprende anche la prima fascia di comuni e permette quindi di utilizzare le stazioni extraurbane con il biglietto urbano. Non sono ancora disponibili dati sul nuovo sistema, ma è lecito aspettarsi un aumento dei passeggeri dai capolinea esterni, ma anche sul sistema di bus di adduzione.

Una misura dell’accessibilità del sistema (PTAL)

È arduo misurare l’efficacia complessiva di un sistema di trasporto al di là della percezione individuale. Il modo naturale è quello di utilizzare misure di accessibilità, siano esse monodimensionali (es. isocrone di accessibilità) o multidimensionali (es. misure di accessibilità potenziale). Tra le molte definizioni esistenti di accessibilità, una delle più interessanti per il trasporto pubblico è quella cosiddetta del PTAL (*Public Transport Accessibility Level*). È una misura utilizzata soprattutto nel Regno Unito (TfL, 2015) dove nasce come misura di supporto a scelte insediative. È tuttavia utilizzata anche come misura di accessibilità con TPL (Shah and Adhvaryu, 2016) o per misurar l’efficacia di politiche (Wu and Hine, 2003). Non è certamente la più completa, ma è per contro relativamente semplice da quantificare perché non necessita di un modello di trasporto e di una matrice OD dei costi generalizzati. La misura è relativa ad un luogo specifico (o ad un punto di una griglia) e parte dalla misura del tempo a piedi necessario per raggiungere i punti di accesso dei diversi servizi di trasporto pubblico (es. una fermata). La seconda componente è quella della frequen-

za di passaggio di ciascuno di essi, che si traduce in un tempo di attesa. Poiché l’indice è la somma degli indici di ciascun modo/linea di trasporto, un valore alto di PTAL può essere dovuto a:

- vicinanza delle fermate/stazioni;
 - alta frequenza di passaggio;
 - varietà di servizi presso le fermate/stazioni.
- Gli elementi non considerati, e presenti solo in più complesse misure di accessibilità, sono invece:
- la velocità commerciale dei servizi;
 - cosa è raggiungibile con tali servizi;
 - qualità (es. affollamento);
 - costi di interscambio.

Pur nella sua parzialità, dunque, la misura è capace di dirci quanto un luogo è centrale nella rete TPL e quanto essa è efficace in quel punto. Utilizzando i medesimi criteri e la medesima scala cromatica del documento originale per la città di Londra, è stato calcolato e mappato il PTAL di tutta la rete TPL milanese e della prima fascia di comuni (vedi Fig. pag. 79, in basso).

Come si vede, nessun punto di Milano raggiunge il livello 6b (quello del centro di Londra), ma comunque vi sono zone ad altissima accessibilità. In particolare le zone a nord del centro (Zara, Garibaldi, Centrale, Loreto) e il centro vero e proprio (Duomo, Cadorna). Tuttavia, anche il resto della città compatta ha indici alti (oltre 10) e molto omogenei (cioè non vi sono zone mal collegate). In periferia l’indice cala (soprattutto per la minore densità della rete) e iniziano ad evidenziarsi differenze tra i quartieri con la metropolitana o il servizio ferroviario e quartieri serviti solo da bus⁹. Le zone “bianche” potrebbero non avere servizi TPL o essere serviti da linee extraurbane non ATM.

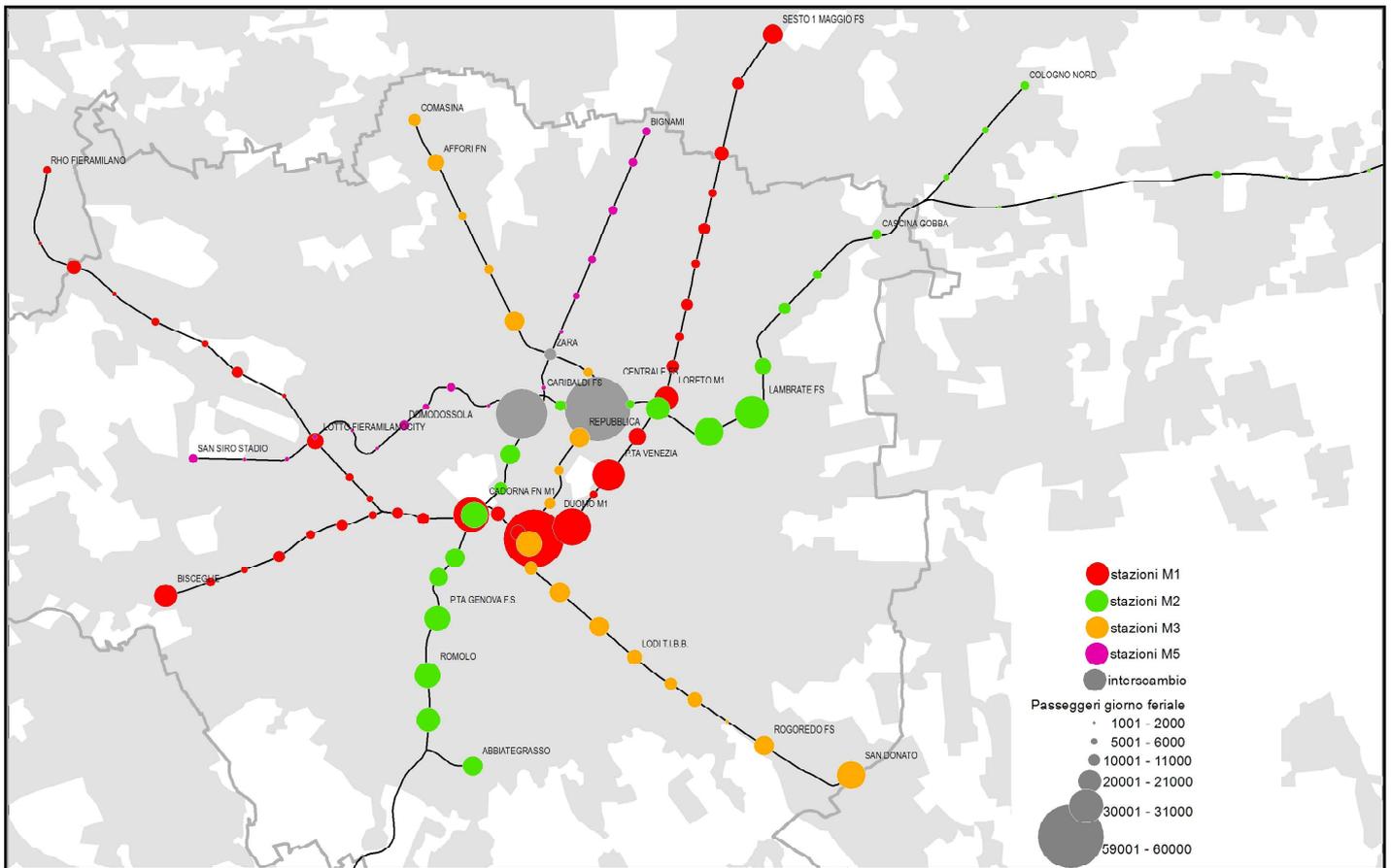
9 Sono evidenti alcuni punti non centrali con PTAL 6a. Si tratta sempre di capilinea o di stazioni importanti dove convergono molti bus extraurbani, alzando l’indice.

3 - Motivo degli spostamenti entro e verso Milano, 2013. Fonte: nostre elaborazioni su dati PUMS (Comune di Milano, 2018).

4 - A sinistra: totale e suddivisione interni/esterni degli spostamenti a Milano e Roma. A destra: suddivisione per motivo degli spostamenti a Milano. Fonte: nostre elaborazioni su dati PUMS.

5 - Nella pagina seguente, in alto: stima degli ingressi per stazione dall’esterno (tornellati), giorno feriale tipo 2017. M5 presenta valori limitati rispetto a quelli attuali, essendo stata aperta interamente solo due anni prima e non essendo ancora completi in quel momento alcuni grandi interventi urbanistici.

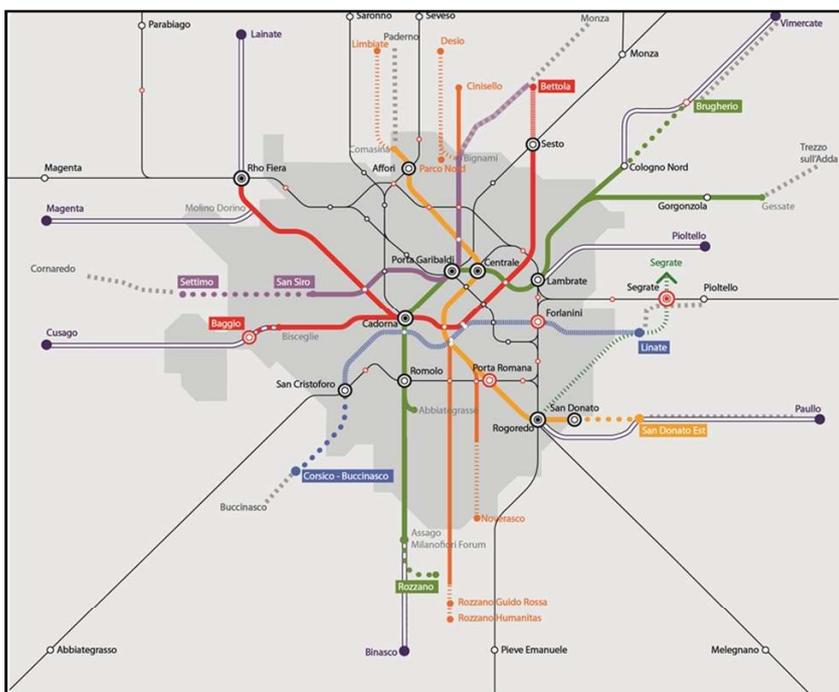
6 - Nella pagina a seguente, in basso: schema delle estensioni della rete della metropolitana nel PUMS. Fonte: Comune di Milano, 2018.



Nel complesso si può dire che, pur essendovi differenze visibili, non è la metropolitana a fare la differenza in termini di PTAL (in termini di qualità del servizio ovviamente sì) per i quartieri, grazie alla tradizione di alta capillarità del sistema milanese anche in quartieri periferici.

I progetti futuri: analisi multi-scenario, modelli e valutazioni

Nel panorama italiano la rete milanese gode certamente di una posizione invidiabile. Ma i problemi della mobilità dell'area (oltre che di inquinamento) hanno sempre posto il tema del trasporto pubblico sempre in alto nella scala degli indirizzi politici. L'ultimo PUMS, e i progetti che da esso sono gemmati, non è certo un'eccezione. Accanto a misure di tipo regolamentare (zone 30, pedonalizzazioni, Area C, Area B, tariffazione integrata, etc.) e di miglioramento della rete di superficie (velocizzazione, estensioni varie) il Piano prevede anche importanti investimenti sulla rete di forza, quasi tutti esterni al Comune (Fig. 6). Rispetto allo stato di fatto, sono in via di apertura due importanti infrastrutture: M4 (tra il 2021 e il 2023) e l'estensione di M1 fino al confine di Monza con la creazione di un nuovo parcheggio di interscambio. Successivamente al Piano sono andati avanti nella progettazione e hanno già ottenuto il finanziamento due ulteriori interventi. Il primo è l'estensione di M5 fino a Monza, per una lunghezza di circa 12 km (e quindi pari ad un raddoppio della linea stessa), e l'altro di estensione di M1 a ovest fino al popoloso quartiere di Baggio.



Altri tre progetti, non ancora finanziati, sono in corso di elaborazione e sono ancora più interessanti proprio per le modalità con cui sono stati concepiti. Sia per l'estensione di M2 a Vimercate che di M3 a Paullo – entrambe aree a minore densità abitativa rispetto alla rete storica – sono in corso studi multi-scenari, cioè studi comparativi in cui l'estensione del metrò è solo una delle opzioni insieme a tecnologie alternative di minore costo (*bus rapid transit*, tranvia, monorotaia). In tutti i casi il progetto comprende un'Analisi Costi Benefici per la misura dell'efficienza della spesa. È presumibile che da questi studi risultino come più interessanti soluzioni intermedie per costo e performance, ma comunque capaci di offrire velocità e frequenza comparabili a quelle di un sistema pesante. Infine, il progetto più interessante a parere di chi scrive è quello dell'estensione di M4 da Linate a Segrate. Non è solo un prolungamento, ma comprende anche la creazione di un interscambio TPL/aeroporto/treni REG e AV, tale da generare un effetto-rete e benefici almeno fino al Veneto.

In conclusione, gli ultimi progetti mostrano un evidente cambio di passo rispetto all'impostazione storica del metrò milanese, sia perché chiaramente proiettati oltre i confini cittadini, sia perché progettati con una logica di efficienza della spesa e di massimizzazione dell'effetto-rete.

© Riproduzione riservata

Bibliografia

- Beria, P., Tosi, L., & Nuccio, D. (2018), "Four years of Milan's road charge: effectiveness, acceptability and impacts", in: Walker J. (a cura di). *Road Pricing: Technologies, economics and acceptability*. IET.
- Botti, E. (1976), "Milan metro: experience in tunnel construction on the Porta Garibaldi-Piazza Cadorna section", *Tunnelling*, Proc of an Int Symp; London.
- Comune di Milano (2018), *Piano urbano della mobilità sostenibile Milano*. Documento di Piano, Approvazione delibera di Consiglio Comunale n.38. AMAT e Comune di Milano.
- Comune di Roma (2019), *Roma - Piano Urbano della Mobilità Sostenibile*. Documento PUMS - Volume 1. Quadro conoscitivo ed obiettivi, Comune di Roma.
- Eurostat (2019), *Eurostat regional yearbook 2019*, European Commission, Brussels.
- Fairweather, V. (1987), "Milan's model metro", *Civil engineering*, Vol 57 Issue 12: 40-43.
- Gattinoni, P., & Scesi, L. (2017), "The groundwater rise in the urban area of Milan (Italy) and its interactions with underground structures and infrastructures", *Tunnelling and Underground Space Technology*, 62, 103-114.
- Kluzer, E. (2005), "Milan Metro: Forty Years Old and Still Growing", *Public Transport International*, 54(5).
- Kutkan-Öztürk, Y. (2019), "The Albinian way of design at the Milan Metro", In *Tunnels and Underground Cities. Engineering and Innovation Meet Archaeology, Architecture and Art: Proceedings of the WTC 2019 ITA-AITES World Tunnel Congress (WTC 2019)*, May 3-9, 2019, Naples, Italy (p. 90). CRC Press.
- Lunardi P. (1991) "Cellular Arch technique for large span station cavern", *Tunnels & Tunnelling*, novembre 1991.
- Lunardi P. and Pizzarotti E. M. (1990), "Soft ground tunnelling in the Milan Metro and Milan Railway Link. Case histories", *Soft Ground Tunnelling Course*, Institution of Civil Engineers, London.
- Mantegazza, A. (2013), *L'ATM di Milano 1973-2005. Storia e prospettive del trasporto urbano nell'area metropolitana milanese*, Grafica Metelliana.
- Mantegazza, A., & Pavese, C. (1993), *L'Atm di Milano, 1861-1972: un secolo di trasporto urbano tra finalità pubbliche e vincoli di bilancio*. Franco Angeli, Milano.
- Monica, L. (2019), "Metropolitana Milanese Linea 1. Franco Albini, Franca Helg, Bob Noorda, 1962-64. Fino a che punto è inevitabile aggiungere le estensioni del progresso", In Canella G. & Mellano P. (a cura di), *Il diritto alla tutela. Architettura d'autore del secondo Novecento*, Franco Angeli, Milano.
- OECD (2012), *Redefining Urban: A New Way to Measure Metropolitan Areas*, Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD).
- Ogliari F. (1974), *Storia dei trasporti italiani. Vol. I - Lombardia. Dall'Omnibus alla Metropolitana. Pagine di vita milanese*, selfpublished.
- Ogliari F., Muscolino P. (2009), *I trasporti in Italia dal 1800*, Arcipelago, Brescia.
- Pedestrian Observations (2015). *Metro Systems by Ridership Per Kilometer*. <https://pedestrianobservations.com/2015/03/31/metro-systems-by-ridership-per-kilometer/>
- Pucci, P. (2016) "Mobility Practices in Peri-Urban Areas: Understanding Processes of Urban Regionalization in Milan Urban Region", In Pucci P. and Colleoni M. (a cura di), *Understanding Mobilities for Designing Contemporary Cities*, Springer.
- Pucci, P. (2017), "Mobility behaviours in peri-urban areas. The Milan Urban Region case study", *Transportation research procedia*, 25, 4229-4244.
- Shah, J. S., & Adhvaryu, B. (2016), "Public transport accessibility levels for Ahmedabad, India", *Journal of Public Transportation*, 19(3), 2.
- TfL (2015), *Assessing transport connectivity in London*, Transport For London, London.
- Wu, B. M., & Hine, J. P. (2003), "A PTAL approach to measuring changes in bus service accessibility", *Transport Policy*, 10(4), 307-320.
- Yao J., Beria P. (2019), *Facing the Public Transport Inequality Problem of Social Housing from Accessibility Perspective*, Mimeo.